

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 997 340 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
03.05.2000 Patentblatt 2000/18

(51) Int Cl.7: B60M 3/00

(21) Anmeldenummer: 99810949.0

(22) Anmeldetag: 20.10.1999

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: Dzung, Dacfe, Dr.  
5430 Wettingen (CH)

(74) Vertreter: Clerc, Natalia et al  
ABB Business Services Ltd,  
Intellectual Property (SLE-I),  
Haselstrasse 16/699  
5401 Baden (CH)

(30) Priorität: 30.10.1998 DE 19850051

(71) Anmelder: ABB RESEARCH LTD.  
8050 Zürich (CH)

## (54) Verfahren zur Steuerung der Energieverteilung auf einem Eisenbahnnetz

(57) Zur effizienten Nutzung der Ressourcen eines Eisenbahnnetzes (1) senden die einzelnen Triebwagen (2) einer Zentrale über ein Funknetzwerk (4) Informationen zu ihrem zukünftigen Leistungsbedarf zu. Die Zen-

trale (3) analysiert die so erhaltenen Daten und teilt den Triebwagen (2) mit, wieviel Leistung sie maximal beziehen dürfen. Auf diese Weise können unerwünschte Leistungsspitzen im Netz vermieden werden.

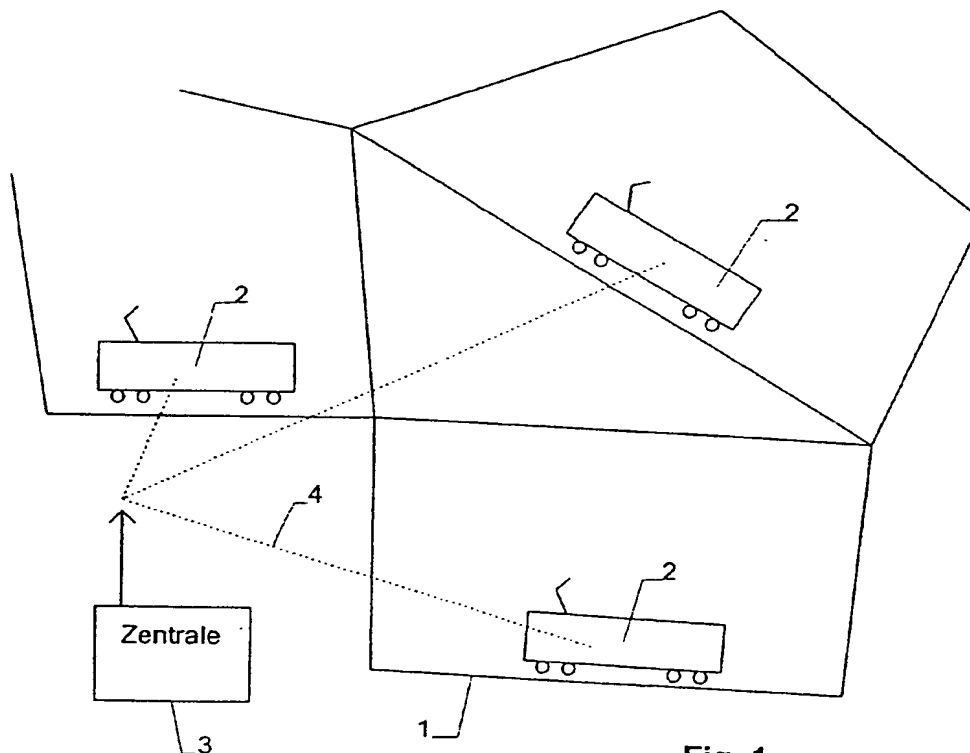


Fig. 1

## Beschreibung

### Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Energieverteilung auf einem Eisenbahnnetz gemäss Oberbegriff von Anspruch 1.

### Stand der Technik

[0002] Elektrische Eisenbahnnetze sind mit einem Stromversorgungsnetz ausgerüstet, welches den Triebwagen elektrische Energie über Fahrleitungen oder Stromschienen zuführt. Um Überlastungen zu vermeiden, müssen in solchen Netzen grosse Reserven vorgesehen sein. Wenn z.B. gleichzeitig eine grosse Zahl von Triebwagen im Bereich einer wichtigen Eisenbahnstation anfahren, muss das Netz in der Lage sein, instantan die entsprechende Leistung zur Verfügung zu stellen. In anderen Worten muss das Netz so ausgelegt sein, dass es jederzeit Spitzen im Leistungsbedarf befriedigen kann, was eine Überdimensionierung des Netzes erforderlich macht.

### Darstellung der Erfindung

[0003] Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen, das die Spitzen im Leistungsbedarf zu reduzieren vermag.

[0004] Diese Aufgabe wird vom Verfahren gemäss Anspruch 1 gelöst.

[0005] Erfindungsgemäss findet also eine Kommunikation zwischen dem jeweiligen Triebwagen und der Zentrale statt, in welcher der Triebwagen zuerst Angaben zum gewünschten Energiebezug macht und die Zentrale sodann antwortet, wieviel Energie bzw. welche Leistung der Triebwagen tatsächlich beziehen kann. Die Zentrale kann auf diese Weise z.B. Leistungsspitzen vermeiden, indem sie den Energiebezug der Triebwagen limitiert oder gewissen Triebwagen (z.B. solchen, die momentan stehen) kurzfristig gar keine Energie zuweist.

[0006] Als Triebwagen im Sinne der Ansprüche sind auch Zugskompositionen mit mehreren Antriebseinheiten zu verstehen.

[0007] Vorzugsweise gibt der Triebwagen den gewünschten Energieverbrauch in einer zukünftigen Zeitspanne an, z.B. in Form des zeitlichen Verlaufs der erwarteten Leistungsaufnahme. Ebenso kann die Zentrale dem Triebwagen z.B. den zeitlichen Verlauf einer maximal erlaubten Leistungsaufnahme mitteilen.

[0008] Zusätzlich kann der Triebwagen auch eine untere Limite für den Verbrauch angeben, die es ihm z.B. erlaubt, eine vorgeschriebene Minimalgeschwindigkeit einzuhalten.

[0009] Die Daten, die der Triebwagen für seine Anfrage bei der Zentrale benötigt, werden vorzugsweise aus

der gewünschten Beschleunigung bzw. Fahrgeschwindigkeit errechnet.

[0010] Mit der Anfrage kann der Triebwagen auch weitere Daten übermitteln, z.B. seinen Aufenthaltsort, seine Geschwindigkeit und seine momentane Verspätung. So kann die Zentrale z.B. Energie entsprechend der momentanen Verspätung den Triebwagen zuteilen.

[0011] Die Daten aus den Anfragen der Triebwagen werden in der Zentrale vorzugsweise dafür verwendet, den Stromverbrauch auf einzelnen Streckenabschnitten des Netzes vorherzusagen. Aus diesen Vorhersagen können die Energiemengen berechnet werden, die die einzelnen Triebwagen verbrauchen dürfen.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Weitere Ausführungen, Vorteile und Anwendungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen und aus der nun folgenden Beschreibung anhand der Figuren. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Eisenbahnnetzes,

Fig. 2 ein Blockdiagramm der Steuerelektronik eines Triebwagens,

Fig. 3 das Energiebezugs-Protokoll zwischen einem Triebwagen und der Zentrale und

Fig. 4 gewünschte, minimale und maximale Leistungsaufnahme in Funktion der Zeit.

### Weg zur Ausführung der Erfindung

[0013] Fig. 1 zeigt ein Eisenbahnnetz 1 mit mehreren Triebwagen 2 und einer Zentrale 3. Zur Kommunikation zwischen den Triebwagen 2 und der Zentrale 3 ist ein Kommunikationsnetzwerk 4 vorgesehen, das den Austausch von Meldungen in Echtzeit (z.B. mit Verzögerungen von höchstens einer Sekunde) erlaubt. Hierbei kann es sich z.B. um ein Funknetz handeln.

[0014] Das Kommunikationsnetzwerk 4 dient dazu, den Leistungsbezug der Triebwagen 2 aufeinander abzustimmen. Hierzu ist, wie in Fig. 2 dargestellt, jeder Triebwagen mit einer Steuerung 5 ausgerüstet, die in Funkkontakt mit der Zentrale 3 steht. Die Steuerung ist mit einer Eingabe 6 verbunden, über die der Lokomotivführer die gewünschten Fahrdaten (Beschleunigung, Geschwindigkeit) eingibt. Aufgrund dieser Daten errechnet die Steuerung 5 den zu erwartenden Energieverbrauch bzw. den zeitlichen Verlauf der Leistungsaufnahme und sendet diese Werte an die Zentrale 3. Als Antwort teilt die Zentrale 3 dem Triebwagen die ihm zustehende Energiemenge bzw. den zulässigen Verlauf der Leistungsaufnahme mit. Diese Daten werden z.B. auf einer Anzeige 7 dargestellt oder sie werden direkt in Befehle zur Steuerung des Antriebs 8 des Triebwagens umgesetzt. Details des Ablaufs der Kommunikation zwischen der Zentrale 3 und den Triebwagen 2 werden weiter unten diskutiert.

[0015] Das Kommunikationsnetzwerk 4 dient weiter dazu, die Uhren der Triebwagen 2 zu synchronisieren, gegebenenfalls Statusmeldungen über den Zustand des Eisenbahnnetzes auszutauschen und die Positionen der Lokomotiven zu überwachen.

[0016] Fig. 3 zeigt das Energiebezugs-Protokoll zwischen einem Triebwagen 2 und der Zentrale 3, d.h. die Kommunikationsschritte, die dazu dienen, die Leistungsaufnahme der Triebwagen 2 zu steuern. Die in Fig. 3 gezeigten Schritte dienen zur Festsetzung der Leistungsaufnahme in einem Zeitraum  $t_0$  bis  $t_0 + \Delta t$ , wobei  $t_0$  die momentane Zeit ist.  $\Delta t$  entspricht einen Zeitraum von z.B. 15 Sekunden, über den der Triebwagen ungefähr abschätzen kann, wie gross sein Leistungsbedarf sein wird. Die Schritte nach Fig. 3 werden im Betrieb dauernd wiederholt (z.B. jede Sekunde), so dass eine kontinuierliche, ständig aktuelle Steuerung der Leistungsaufnahme gewährleistet ist.

[0017] In einem ersten Schritt errechnet die Steuerung 5 des Triebwagens die erwartete Leistungsaufnahme  $P_{\text{req}}(t)$  für die Zeit  $t_0$  bis  $t_0 + \Delta t$ . Ein typischer Verlauf dieser Leistungsaufnahme  $P_{\text{req}}$  für das Anfahren des Triebwagens ist in Fig. 4 dargestellt. Der Verlauf der Leistungsaufnahme wird aus den vom Lokomotivführer eingegebenen Fahrdaten ermittelt. Der Wert von  $P_{\text{req}}(t)$  kann negativ sein, wenn beim Bremsen Energie vom Bremssystem des Triebwagens ins Netz eingespiessen wird.

[0018] Weiter wird im Triebwagen die minimale Leistungsaufnahme  $P_{\text{min}}(t)$  bestimmt (vgl. Fig. 4).  $P_{\text{min}}(t)$  kann z.B. einfach ein Bruchteil der gewünschten Leistungsaufnahme  $P_{\text{req}}(t)$  sein. Die minimale Leistungsaufnahme ist dadurch definiert, dass der Triebwagen mit noch tieferer Leistungsaufnahme seine Aufgabe nicht erfüllen könnte, z.B. weil er nicht mit ausreichender Beschleunigung anfahren könnte oder weil er eine vorgeschriebene Minimalgeschwindigkeit nicht einhalten könnte.

[0019] Die gewünschte und die minimale Leistungsaufnahme werden sodann als Energiebezugs-Anfrage an die Zentrale 3 geschickt. Es können dabei verschiedenste Verfahren verwendet werden, um  $P_{\text{min}}$  und  $P_{\text{req}}$  zu kodieren, beispielsweise mittels einzelner Punkte auf den jeweiligen Kurven oder durch Angabe wichtiger Kurvenparameter (z.B. Position und Amplitude der Spitzen). Es ist auch denkbar, lediglich die in einem Zeitabschnitt gewünschte Energiemenge anzugeben. Der gewünschte Energiebezug kann also teilweise oder detailliert angegeben werden.

[0020] Mit der Energiebezugs-Anfrage werden weitere Parameter übermittelt:

- Zugverspätung: Die Verspätung wird z.B. errechnet aus einem Vergleich mit einem Fahrplan oder mit vom Fahrer angegebenen Richtwerten. Mit zunehmender Verzögerung erhält die Energiebezugs-Anfrage höhere Priorität.
- Zugposition: Die Position des Triebwagens muss

zumindest so genau angegeben werden, dass die Zentrale feststellen kann, in welchem Segment des Stromversorgungs-Netzwerks sich der Triebwagen befindet. Die Position kann z.B. aus Balissensignalen oder mittels Satellitennavigation bestimmt, oder (bei Verwendung eines zellulären Funknetzes) aus der jeweiligen Zellenidentität hergeleitet werden.

- Zugsgeschwindigkeit: Diese Information wird von der Zentrale 3 z.B. verwendet um festzustellen, ob der jeweilige Triebwagen steht oder sich in Fahrt befindet.
- Zugskategorie (Güterzug, Regionalzug, Direktzug, Hochgeschwindigkeitszug): ähnlich wie die Zugverspätung kann die Zugskategorie eingesetzt werden, um den Anfragen verschiedener Triebwagen unterschiedliche Prioritäten zuzuordnen.

[0021] Aufgrund der Energiebezugs-Anfragen der verschiedenen Triebwagen kann die Zentrale 3 die Energieflüsse und andere Betriebsparameter des Netzes abschätzen. Daraus kann sie die Energien bzw. Leistungen bestimmen, die von den jeweiligen Triebwagen 2 bezogen werden dürfen. Entsprechend sendet sie auf jede Energiebezugs-Anfrage eine Energiebezugs-Antwort, welche eine maximale Leistung  $P_{\text{max}}(t)$  (vgl. Fig. 4) angibt, die der Triebwagen dem Netz entziehen darf. Idealerweise entspricht  $P_{\text{max}}(t)$  etwa dem Wert von  $P_{\text{req}}(t)$  und zumindest ist  $P_{\text{max}}(t) \geq P_{\text{min}}(t)$ . Zügen die im Moment stehen, kann auch gar keine Energie zugeteilt werden. Sie erhalten in diesem Fall die Instruktion, vor dem Start noch zusätzlich eine gewisse Zeit  $\delta$  abzuwarten.

[0022] Die jeweilige maximale Leistung  $P_{\text{max}}(t)$  (oder gegebenenfalls eine Wartezeit  $\delta$ ) wird von der Zentrale 3 den Triebwagen 2 mitgeteilt. Auch hier kann die maximale Leistung  $P_{\text{max}}$  in Form einer detaillierten Kurve oder lediglich in Form gröberer Angaben (z.B. der zulässigen Energiemenge in einer Sekunde) spezifiziert werden.

[0023] Die Triebwagen werden sich in der Regel an die vorgegebene maximale Leistung  $P_{\text{max}}(t)$  halten und einzig in Notfällen grössere Leistungen beziehen. Wie bereits erwähnt kann hierzu die Leistung  $P_{\text{max}}(t)$  zusammen mit der momentan bezogenen Leistung auf der Anzeige 7 dargestellt werden, so dass der Fahrer die Möglichkeit hat, die bezogene Leistung zu überwachen und nötigenfalls zu reduzieren. Es ist jedoch auch denkbar, dass die Steuerung 6 direkt auf den Antrieb 8 einwirkt, um den Leistungsbezug entsprechend der Vorgaben der Zentrale zu beschränken.

[0024] Vorzugsweise arbeiten alle Triebwagen 2 auf dem Eisenbahnnetz 1 mit dem hier beschriebenen Energiebezugs-Protokoll. Es ist jedoch auch denkbar, dass nur ein Teil der Triebwagen mit einer entsprechenden Steuerung ausgestattet ist.

[0025] In dem in Fig. 1 dargestellten Eisenbahnnetz ist nur eine einzige Zentrale 3 abgebildet. Es können jedoch auch mehrere Zentralen vorgesehen sein, von denen jede z.B. autonom einen Teilbereich des Netzes

überwacht.

Bezugsziffern:

[0026]

- 1: Eisenbahnnetz
- 2: Triebwagen
- 3: Zentrale
- 4: Kommunikationsnetzwerk
- 5: Steuerung
- 6: Eingabe
- 7: Anzeige
- 8: Antrieb
- 8: Wartezeit
- $P_{min}$ : minimale Leistung
- $P_{max}$ : maximale Leistung
- $P_{req}$ : gewünschte Leistung
- t: Zeit
- $t_0$ : Startzeitpunkt
- $\Delta t$ : Vorhersagezeitraum

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Energieverteilung auf einem Eisenbahnnetz, wobei auf dem Eisenbahnnetz Triebwagen (2) verkehren, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Teil der Triebwagen (2) einem Energiebezugs-Protokoll folgen, welches zumindest folgende Schritte umfasst:

der Triebwagen sendet einer Zentrale (3) eine Energiebezugs-Anfrage, welche den gewünschten zukünftigen Energiebezug ( $P_{req}$ ) des Triebwagens (2) mindestens teilweise spezifiziert und die Zentrale (3) sendet dem Triebwagen (2) abhängig von Betriebsparametern des Eisenbahnnetzes eine Energiebezugs-Antwort, welche mindestens teilweise spezifiziert, wieviel Energie ( $P_{max}$ ) der Triebwagen beziehen darf.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Anfrage den gewünschten Energieverbrauch, insbesondere einen gewünschten zeitlichen Verlauf ( $P_{req}(t)$ ) der Leistungsaufnahme des Triebwagens in einer zukünftigen Zeitspanne ( $t_0$  bis  $t_0 + \Delta t$ ) spezifiziert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Anfrage eine untere Limite ( $P_{min}$ ) für den gewünschten zukünftigen Energiebezug spezifiziert.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Antwort den erlaubten Energieverbrauch, ins-

besondere einen zeitlichen Verlauf ( $P_{max}(t)$ ) einer erlaubten Leistungsaufnahme, des Triebwagens in einer zukünftigen Zeitspanne ( $t_0$  bis  $t_0 + \Delta t$ ) spezifiziert.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Antwort eine obere Grenze des erlaubten Energieverbrauchs, insbesondere einen zeitlichen Verlauf einer maximalen Leistungsaufnahme, des Triebwagens spezifiziert.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Triebwagen der gewünschte Energieverbrauch ( $P_{req}$ ) abhängig von einer gewünschten Beschleunigung und/oder Geschwindigkeit errechnet wird.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Anfrage den Aufenthaltsort des Triebwagens spezifiziert.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Anfrage die Geschwindigkeit des Triebwagens (2) spezifiziert.
9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Energiebezugs-Anfrage eine Verspätung des Triebwagens (2) spezifiziert und dass die Energiebezugs-Antwort abhängig von der Verspätung des Triebwagens errechnet wird.
10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zentrale (3) aufgrund der Energiebezugs-Anfragen der Triebwagen (2) Voraussagen zum Energieverbrauch auf mindestens einem Teils des Eisenbahnnetzes (1) macht.

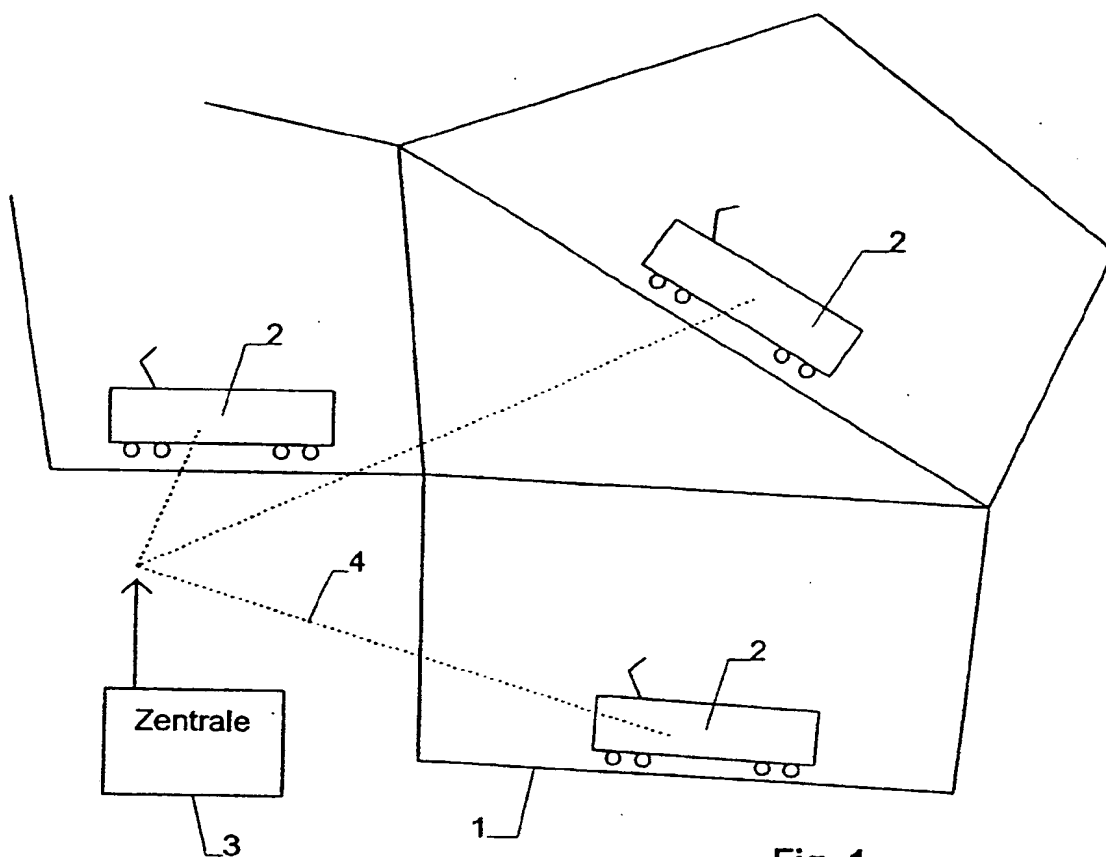


Fig. 1

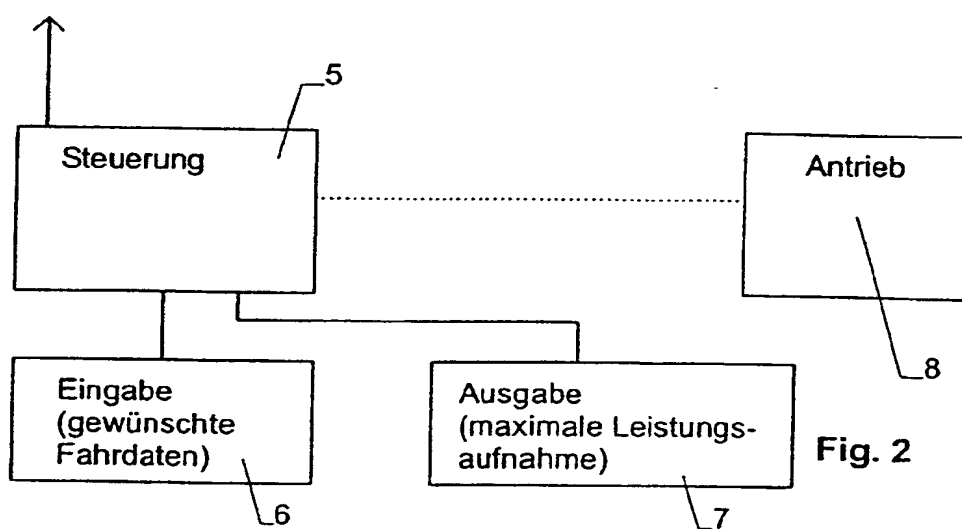
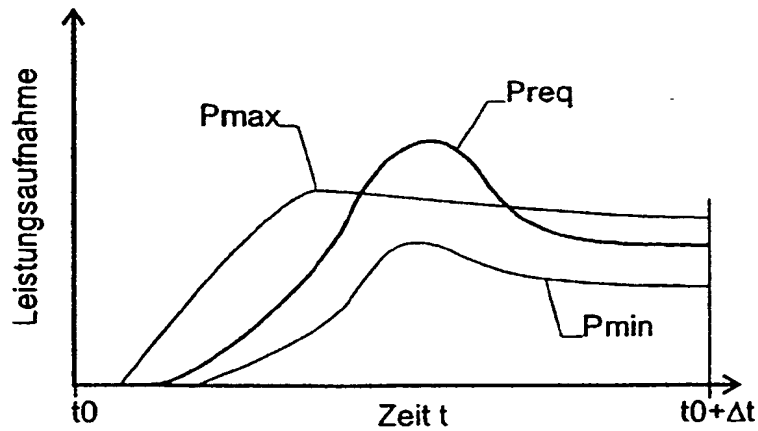
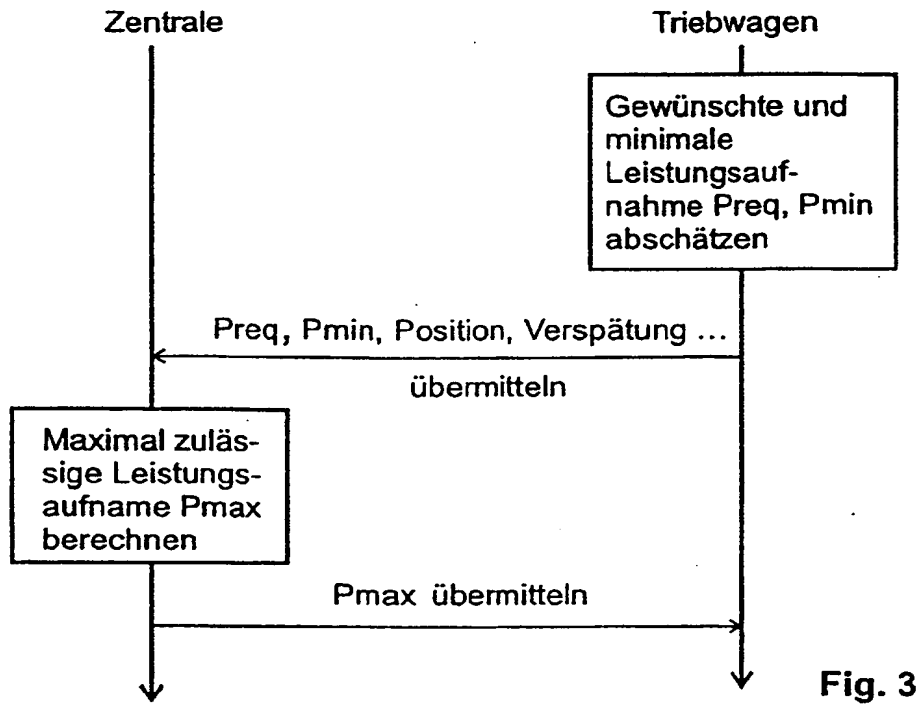


Fig. 2





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 81 0949

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 346 163 A (MOMMA ET AL.) 13. September 1994 (1994-09-13) * das ganze Dokument *	1-10	B60M3/00
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 3, 29. März 1996 (1996-03-29) & JP 07 304353 A (TOSHIBA CORP), 21. November 1995 (1995-11-21) * Zusammenfassung *	1	
A	US 4 093 161 A (AUER, JR.) 6. Juni 1978 (1978-06-06) * das ganze Dokument *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B60M B61L H02J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>DEN HAAG</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>18. Januar 2000</b>	Prüfer <b>Bolder, G</b>
<p><b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b></p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur</p> <p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>&amp; : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>			

EPO FORM 1503 03.82 (PatCO3)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 99 81 0949

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-01-2000

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5346163      A	13-09-1994	JP      2576719 B JP      5024539 A	29-01-1997 02-02-1993
JP 07304353      A	21-11-1995	KEINE	
US 4093161      A	06-06-1978	CA      1089069 A ES      469073 A GB      1603583 A NL      7803667 A	04-11-1980 16-12-1978 25-11-1981 27-10-1978

EPO FORM P461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82